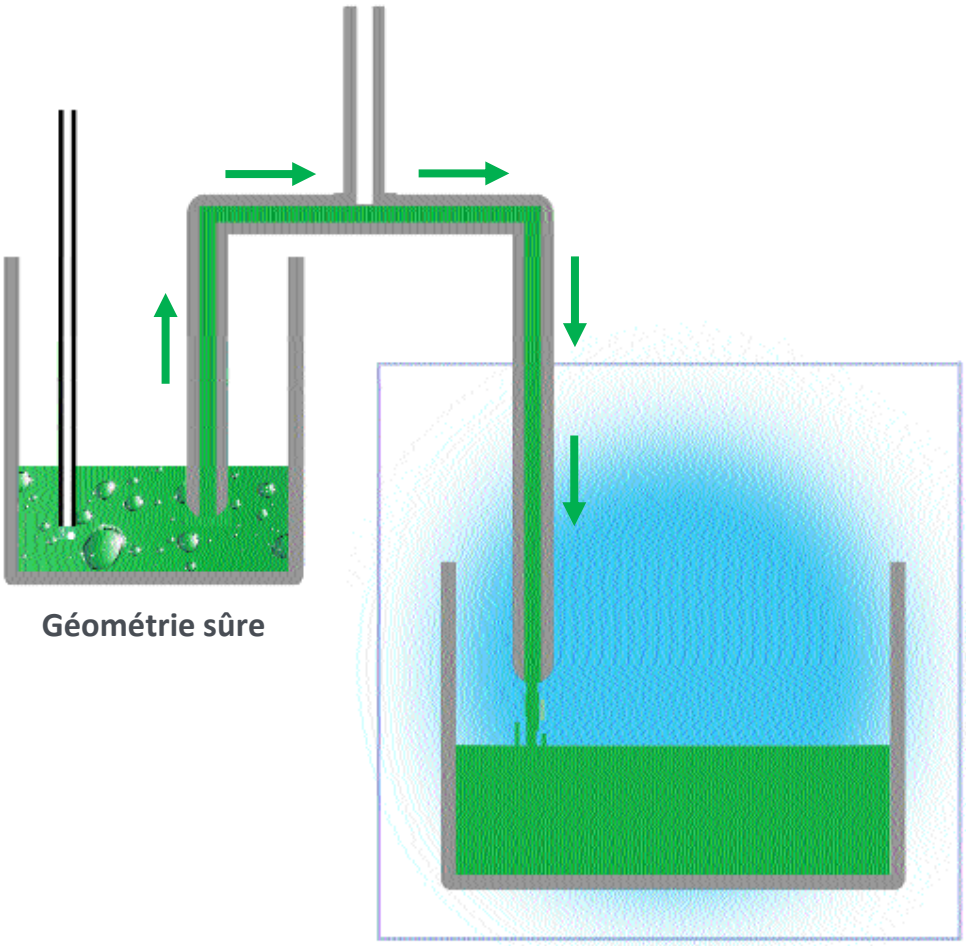
FICHE N°24

SYNTHÈSE DES ACCIDENTS DE CRITICITÉ DANS LES LABORATOIRES ET USINES



Géométrie sûre

Géométrie quelconque

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Les accidents survenus dans les laboratoires et usines

⇨ L'objet de cette fiche est de **résumer**, de manière didactique, les principales caractéristiques de chacun des **22 accidents de criticité survenus dans les laboratoires et usines** recensés depuis 1953. Les informations contenues dans cette fiche sont basées sur le guide **DSNQ/MSN/FT/2002/23**.

⇨ Pour chaque accident recensé, les informations présentées sont :

- Le numéro de référence (ordre chronologique) ;
- La date ;
- Le lieu ;
- Le type d'installation concernée ;
- La durée de l'accident ;
- Le nombre total de fissions, la présence/l'absence d'un système de détection d'accident et la détection effective ou non de l'accident ;
- Le(s) mode(s) de contrôle de la criticité mis en œuvre dans l'installation ;
- Le nombre de personnes irradiées ;
- Les doses absorbées par les personnes irradiées, éventuellement décédées ;
- La matière fissile présente dans l'installation lors de l'accident de criticité (forme physico-chimique) ;
- L'état de fonctionnement de l'installation avant l'accident de criticité ;
- Le(s) mode(s) de contrôle de la criticité mis en défaut ;
- Ce qui a permis de mettre fin à l'accident de criticité ;
- Des remarques générales intéressant la sûreté-criticité.

⇨ Certaines abréviations et icônes sont utilisées dans la suite du document et présentées ci-dessous :

(1) SAC Système d'Alarme de Criticité
- O Présence d'un système d'alarme de criticité
- N Absence d'un système d'alarme de criticité

(2) MC Mode(s) de Contrôle du risque de criticité

(3)
- M  contrôle de la criticité par la Masse
- G  contrôle de la criticité par la Géométrie
- C  contrôle de la criticité par la Concentration
- H  contrôle de la criticité par la Modération
- E  contrôle de la criticité par l'Empoisonnement

(4) Etat de l'installation au moment de l'accident de criticité :
- FN Fonctionnement Normal
-  Installation en fonctionnement normal mais ayant subi des modifications récentes (procédés, équipements…)
- RA Installation en cours de Reprise d'Activité
- ME Manipulation Exceptionnelle dans l'installation

(5) AC Accident de Criticité
-  arrêt de l'accident de criticité par éjection de matière
-  arrêt de l'accident de criticité par intervention humaine (empoisonnement, modification de l'environnement…)
-  arrêt de l'accident de criticité lié à son déroulement (ex : modification de la configuration)

(6) SC Sûreté-Criticité

(7) MF Matière Fissile
- U matière fissile contenant de l'uranium
- Pu matière fissile contenant du plutonium

Un indice permet de distinguer la forme physico-chimique de la matière fissile :
- S solution
- M métal

(8) PF Produits de Fission

(9)
-  Accident de criticité "ayant duré dans le temps"
-  Accident de criticité caractérisé par un nombre d'excursions critiques limité

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

N°	Date	Lieu	Installation	Durée	Nb fissions / présence SAC (1)	MC (2) (3)	Nb Perso Irrad	Exposition Corporelle	Matière Fissile	Etat Installation (4)	MC(2) (3)en défaut	Arrêt AC (5)	Remarques
1	15/03/53	Mayak Production Association (Mayak-RUSSIE)	Entreposage	1 pic	2.10^{17} N Opérateurs ont continué leur travail	M, G, E	2	- A → 1 Gy - B → 10 Gy (amputation des jambes)	Solution nitrate de **Pu**	**FN**	**M**, G	Transfert de matière	- Opérateurs non formés à la SC (6) - Non-respect des procédures
2	21/04/57	Mayak Production Association (Mayak-RUSSIE)	Atelier Traitement	10 min	1.10^{17} N Découverte par agent SPR appelé	M	6	- A → 30 Gy (décès) - B, C, D, E, F → > 3 Gy	Solution **U** ^{235}U=90%	**FN**	**M**	Ejection matière	- Changement de procédures de nettoyage 2 mois avant - Opérateurs non formés en criticité - Accumulation de MF(7) non détectée
3	02/01/58	Mayak Production Association (Mayak-RUSSIE)	Dispositif d'expérience critique	1 pic	2.10^{17} N	G	4	- A, B, C → 60 ± 20 Gy (décès) - D → 6 Gy	Solution **U** ^{235}U=90%	**FN**	G	Ejection matière	- En service depuis 2 mois (1ère expérience dans nouvelle série) - Non-respect des procédures - Manque de formation des opérateurs
4	16/06/58	Oak Ridge National Laboratory (Tennessee-USA)	Atelier Traitement	20 min	$1,3.10^{18}$ O Alarme déclenchée	G	8	- 5 agents → [2.36, 3.65] Gy - 3 agents → [0.23, 0.69] Gy	Solution de nitrate d'**U** très enrichie	**RA**	G	Dilution avec l'eau + Poison (Cd)	- Transfert de MF d'une géométrie sûre vers une géométrie non sûre - Opération exceptionnelle mal préparée

*Pour plus d'informations, consulter les guides : **DSNQ/MSN/FT/2001/07** et **DSNQ/MSN/FT/2002/23**. Ces guides proposent également des explications et des fiches descriptives pour chaque accident.*

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

N°	Date	Lieu	Installation	Durée	Nb fissions / présence SAC (1)	MC (2) (3)	Nb Perso. Irrad.	Exposition Corporelle	Matière Fissile	Etat Installation (4)	MC (2) (3) en défaut	Arrêt AC (5)	Remarques
5	30/12/58	Los Alamos Scientific Laboratory (Nouveau Mexique-USA)	Atelier Traitement	1 pic	$1{,}5.10^{17}$ O Alarme déclenchée	M	3	- A → 120 Gy (décès) - B → 1.34 Gy - C → 0.53 Gy	Solution **Pu**	**FN**	**M**	Homogénéisation suite à excursion critique et arrêt de l'agitateur	- Manque de consignes et d'entraînement du personnel à l'évacuation en cas d'alarme - Nécessité d'un double contrôle sur un bilan de masse
6	16/10/59	National Reactor Testing Station (Idaho-USA)	Atelier Traitement Combustible irradié	15 min	4.10^{19} N Alarme contamination atmosphérique bâtiment déclenchée	G	-	Personnel faiblement irradié	Solution de nitrate d'**U** ^{235}U=91%	**FN**	G	Vaporisation de l'eau et cristallisation solution U	- Mise en défaut d'une liaison entre 1 cuve de géométrie sûre et 1 cuve de géométrie quelconque - Identification et localisation de l'accident difficile à détecter car présence de PF(8) dans bâtiment - Contamination atmosphérique non négligeable
7	05/12/60	Mayak Production Association (Mayak-RUSSIE)	Atelier de récupération de Pu dans les déchets	Plusieurs pics sur une durée de 1h50	$2{,}5.10^{17}$ O Alarme déclenchée de façon intermittente puis continue	M	5	Irradiation faible (Opérateurs + nettoyage) : 2.4 à 20 mSv	Solution **Pu**	**FN**	**M**	Transfert d'une partie du volume de la solution	- Non-respect des procédures - Infraction délibérée, à 2 reprises, par le même opérateur
8	25/01/61	National Reactor Testing Station (Idaho-USA)	Atelier Traitement Combustible irradié	1 pic	6.10^{17} O Alarme γ déclenchée	G	3	Irradiation faible : < 55 mSv	Solution de nitrate d'**U** ^{235}U=90%	**ME**	G	Evacuation de la matière par l'orifice de débordement	- Opération exceptionnelle mal préparée (débouchage de canalisation)

*Pour plus d'informations, consulter les guides : **DSNQ/MSN/FT/2001/07** et **DSNQ/MSN/FT/2002/23**.*
Ces guides proposent également des explications et des fiches descriptives pour chaque accident.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

N°	Date	Lieu	Installation	Durée	Nb fissions / présence SAC (1)	MC (2) (3)	Nb Perso. Irrad.	Exposition Corporelle	Matière Fissile	Etat Installation (4)	MC (2) (3) en défaut	Arrêt AC (5)	Remarques
9	14/07/61	Centre Chimique de Sibérie (RUSSIE)	Atelier Enrichissement U (ligne de purification par condensation)	2 pics à 3 h d'intervalle	$1{,}2.10^{16}$ O Alarme γ déclenchée	M, H	1	A → 2 Gy	UF_6 ^{235}U=22.6%	FN	M, H	Ejection d'une partie de l'huile au 2° pic	- Non-respect des procédures - Modification du fonctionnement de l'installation sans prise en compte de l'impact sur la sûreté
10	07/04/62	Hanford Atomic Products Operation (Richland-USA)	Atelier de récupération du Pu	37 h	8.10^{17} O Alarme déclenchée	G, C	3	A, B, C → Dose < 0.6 Gy	Solution **Pu**	FN	G, C	Evaporation de la solution	- Modification de l'état de fonctionnement normal de l'installation suite à des opérations de nettoyage 2 mois auparavant (tube "T")
11	07/09/62	Mayak Production Association (Mayak-RUSSIE)	Atelier de conversion du Pu en lingots	3 pics	2.10^{17} O Alarme déclenchée	M	-	Faibles irradiations	Solution de nitrate de **Pu**	FN	M	Transfert de la solution	- Non-respect des procédures - Mauvaise estimation de la masse de matière fissile présente
12	30/01/63	Centre Chimique de Sibérie (RUSSIE)	Atelier de dissolution des déchets	10 h 8 pics	$7{,}9.10^{17}$ O Alarme déclenchée	M, C	4	A, B, C, D → [0.06, 0.17] Gy	Solution de nitrate d'**U** ^{235}U=90%	FN	M	Transfert d'une partie de la solution	- Procédures imprécises - Erreur d'interprétation de résultats d'analyse

*Pour plus d'informations, consulter les guides : **DSNQ/MSN/FT/2001/07** et **DSNQ/MSN/FT/2002/23**.*
Ces guides proposent également des explications et des fiches descriptives pour chaque accident.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

N°	Date	Lieu	Installation	Durée	Nb fissions / présence SAC (1)	MC (2) (3)	Nb Perso. Irrad.	Exposition Corporelle	Matière Fissile	Etat Installation (4)	MC (2) (3) en défaut	Arrêt AC (5)	Remarques
13	02/12/63	Centre Chimique de Sibérie (RUSSIE)	Atelier de retraitement et de purification de l'U par extraction du solvant	16 h 16 pics	$1{,}6.10^{16}$ O Alarme déclenchée	M	-	Exposition < 0.05 Gy	Solution organique d'**U** ^{235}U=90%	FN	M	Ajout poison (Cd en solution) + acide nitrique	- Absence de vérification systématique d'accumulation de matière (appareillage non-approprié)
14	24/07/64	United Nuclear Corporation (Rhode Island-USA)	Atelier de récupération d'U enrichi	2 pics	$1{,}3.10^{17}$ (1° pic : 1.10^{17} 2° pic : 2.10^{16}) O Alarme déclenchée	G	3	- A (1° pic) → 100 Gy (décès) - B, C (2° pic) → < 1 Gy	Solution **U** Très enrichie	FN	G	Formation d'un précipité important	- Changement des méthodes d'exploitation une semaine avant - Non-respect de consignes - Absence de préparation d'intervention
15	03/11/65	Usine de Construction Mécanique d'Electrostal (RUSSIE)	Usine de conversion d'UF_6 en UO_2	1 pic	5.10^{15} à 1.10^{16} O Alarme déclenchée	M, G	-	Faible exposition : < 0.034 Gy	UO_2 ^{235}U=6.5%	FN	M	Expulsion des matières au travers les tuyauteries	- Modifications des procédés 12 jours avant (2% → 6.5%) - Non-respect de procédures
16	16/12/65	Mayak Production Association (Mayak-RUSSIE)	Atelier de récupération d'U enrichi	11 pics	$5{,}5.10^{17}$ O Alarme déclenchée	M	-	Faible exposition : < 2.7 mSv (27 personnes)	Solution d'**U** très enrichi	FN	M	Poison introduit dans solution (Cd)	- Non-respect des règles de sûreté-criticité - Mauvaise transmission orale des résultats d'analyse du lot à dissoudre

*Pour plus d'informations, consulter les guides : **DSNQ/MSN/FT/2001/07** et **DSNQ/MSN/FT/2002/23**.*
Ces guides proposent également des explications et des fiches descriptives pour chaque accident.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

N°	Date	Lieu	Installation	Durée	Nb fissions / présence SAC (1)	MC (2) (3)	Nb Perso. Irrad.	Exposition Corporelle	Matière Fissile	Etat Installation (4)	MC(2) (3) en défaut	Arrêt AC (5)	Remarques
17	10/12/68	Mayak Production Association (Mayak-RUSSIE)	Atelier de recherche d'extraction par solvant	3 pics	$1{,}3.10^{17}$ ($1°$ pic : 3.10^{16} $3°$ pic: 1.10^{17}) O Alarme déclenchée	M	8	- A (opérateur) → 7 Sv (amputation des 2 jambes et d'une main) - B (chef d'équipe) → 24.5 Sv (décès) - 6 opérateurs : [1.5, 16.4] mSv	Solution **Pu** (organique et aqueuse)	FN	M	Ejection de la solution au 3° pic	- Non-respect de consignes - Modifications de l'installation sans étude de sûreté préalable
18	24/08/70	Windscale Works (Grande Bretagne)	Atelier de retraitement de combustibles irradiés (effluents faiblement chargés)	5 à 10 s	1.10^{15}	C	2	A, B → [0.01, 0.02] Gy	Solution **Pu** (organique et aqueuse)	FN	C	Fin de passage des gouttelet-tes dans le solvant	- Mise en défaut de l'analyse sûreté-criticité
19	17/10/78	National Reactor Testing Station (Idaho-USA)	Usine de retraitement de combustibles irradiés de type MTR	25 min	$2{,}7.10^{18}$ N Alarme procédé déclenchée	C	-	2 personnes faiblement irradiées : 0.01 à 0.02 Gy	**U** Très enrichi	FN	C	Diminution de la pression dans la jambe de pulsation	- Manque de contrôles d'un paramètre (teneur Aluminium) - Divergence en neutrons retardés
20	13/12/78	Centre Chimique de Sibérie (RUSSIE)	Entreposage temporaire lingots Pu	1 pic	3.10^{15} O Alarme déclenchée	M, G, E	8	A → 2.5 Gy (corps entier), 20 Gy (mains et bras) (amputation aux coudes) 7 autres opérateurs → [0.05, 0.6] Gy	**Pu** Métal	FN	M	Retrait ou éjection d'un lingot	- Non-respect des consignes

*Pour plus d'informations, consulter les guides : **DSNQ/MSN/FT/2001/07** et **DSNQ/MSN/FT/2002/23**.*
Ces guides proposent également des explications et des fiches descriptives pour chaque accident.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

N°	Date	Lieu	Installation	Durée	Nb fissions / présence SAC (1)	MC (2) (3)	Nb Perso Irrad	Exposition Corporelle	Matière Fissile	Etat Installation (4)	MC(2) (3) en défaut	Arrêt AC (5)	Remarques
21	15/05/97	Usine de Concentration Chimique de Novossibirsk (RUSSIE)	Atelier d'usinage chimique (fabrication de noyaux combustibles)	6 pics 26 h	$5{,}5.10^{15}$ O Alarme déclenchée	M, G	-	Dose collective reçue par 20 personnes < 4 mSv	**U** enrichi ^{235}U=90% (poudre UO_2+Al)	FN	M, G	Injection et circulation forcée de poison (chlorure de lithium)	- Pas de surveillance accumulation de matière en fond de cuve (alors que détection d'un problème similaire auparavant) - Dérive d'un paramètre non surveillé
22	30/09/99	Usine de Fabrication de Combustibles Nucléaires (JCO) (Tokaï-Mura-JAPON)	Usine de fabrication de combustibles de réacteurs de puissances et expérimentaux	20 h	$2{,}5(\pm0{,}1).10^{18}$ O Alarme déclenchée	M, G	136 + 7 (public)	A, B → ~20 Gy et ~10 Gy (décès) C (contremaître) → ~4,5 Gy (risque de cancer) 133 personnes → [0.1, 50] mSv 7 (public) → [0.5, 9.4] mSv	Solution d'**U** ^{235}U=18.8%	FN	M	Vidange de la double enveloppe de refroidissement	- Pas d'affichage des consignes de limite de masse - Pas d'expert en criticité sur le centre - Pas de sensibilisation des opérateurs au risque de criticité - Pas d'inspection des Autorités de Sûreté

*Pour plus d'informations, consulter les guides : **DSNQ/MSN/FT/2001/07** et **DSNQ/MSN/FT/2002/23**.*
Ces guides proposent également des explications et des fiches descriptives pour chaque accident.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Conclusion

⇨ La synthèse de ces 22 accidents de criticité permet de réaliser un certain nombre d'observations :

- **21** accidents de criticité se sont produits en présence d'un milieu fissile (U ou Pu) **en solution aqueuse** ;
- **21** accidents de criticité se sont produits lors d'opérations de **fonctionnement normal**, dont **8** suite **à des modifications récentes** dans le procédé ou les règles d'exploitation ;
- **10** accidents de criticité se sont produits suite au **non-respect**, par des membres des équipes exploitantes, **de procédures, de règles ou de consignes** relatives à la sûreté-criticité de l'installation ;
- Les modes de contrôle du risque de criticité mis en défaut lors des accidents de criticité sont essentiellement la **masse** (**14** accidents) et la **géométrie** (**8** accidents) ;
- **11** accidents de criticité ont nécessité **une (ou plusieurs) intervention(s) humaine(s)** pour conduire l'installation concernée à un retour définitif à la sous-criticité.

⇨ Ces observations appellent les réflexions suivantes :

- **Un milieu fissile présent dans une installation sous forme de solution requiert une attention particulière** en matière de **contrôle** des caractéristiques physico-chimiques (concentration, acidité…), de **gestion de transferts** d'un équipement vers un autre, de gestion de la présence de **solvants**. Un défaut d'exploitation ou plus simplement une dérive incontrôlée d'un des paramètres peut conduire à un accident de criticité s'il n'existe pas suffisamment de lignes de défense. **La mise en place et l'application de procédures sont indispensables.**
- Au cours de la vie d'une installation, plusieurs modifications d'équipements, de procédés de fonctionnement, de programmes de recherche et/ou de production ont lieu. Une **étude de sûreté préalable à toute modification, réalisée par des spécialistes permet de vérifier que les modifications ne remettent pas en cause la sûreté de l'installation**. Les conclusions de ces études doivent être transcrites sous forme de **règles** et de **consignes**, écrites et compréhensibles, aux équipes chargées de l'exploitation. Il est important que ces transcriptions paraissent nécessaires et indispensables à ceux qui auront la charge de les appliquer. C'est pourquoi, afin d'éviter des initiatives hasardeuses ou des interprétations inexactes, chaque membre des équipes exploitantes devrait être **sensibilisé aux risques encourus** en cas de dérives par rapport aux procédures d'exploitation.
- **Le contrôle du risque de criticité par la masse induit une connaissance exacte et précise de la quantité de matière fissile présente à chaque unité de criticité concernée.** Un **double contrôle** de la masse « entrante » et un double contrôle de la masse « sortante » est essentiel lors de chaque opération. Ces doubles contrôles prennent en compte les **erreurs de mesure** éventuelles. Le « bilan matière » obtenu doit tenir compte des **possibles rétentions ou autres accumulations** au niveau de l'unité de criticité concernée. Il est souhaitable de mettre en place des dispositifs de détection de matière dans les endroits inaccessibles susceptibles d'être le siège d'accumulation de matière.
- **Le contrôle du risque de criticité par la géométrie d'un équipement nécessite la maîtrise totale des transferts entre cet équipement et les équipements amont et aval.** Dans les procédés mettant en œuvre des solutions fissiles, il est recommandé de mettre en place un double système de **verrous sur une liaison entre un équipement de géométrie sûre et un équipement de géométrie non-sûre**. Le personnel susceptible d'être confronté à des équipements de géométrie sûre doit être informé des risques encourus en cas de modifications de la géométrie ou de son environnement. Cela passe par l'**explication des procédures** qui peuvent paraître fastidieuses à ceux qui sont chargés de les appliquer.
- **La détection d'un accident de criticité au moyen d'équipements prévus à cet effet permet d'éviter l'exposition inutile du personnel présent dans les locaux concernés.** Toute intervention humaine sur les lieux de l'accident de criticité nécessite une **préparation minutieuse** préalable, le retour sur ces lieux constituant systématiquement un **risque d'exposition élevé** (présence de PF irradiants et contaminants, risques d'occurrence d'autres excursions critiques). Cette préparation implique une connaissance précise de l'historique de l'accident et une anticipation calculée sur les phénomènes à venir.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.